

# Modificări structurale și ale compoziției chimice a smalțului dentar în urma aplicării metodelor exogene de prevenire a cariei dentare la copiii cu dizabilități

## The changes in the structure and chemical composition of dental enamel as a result of application of exogenous methods for preventing dental caries in children with disabilities

Aurelia Spinei\*

### Rezumat

*Scopul lucrării a constituit studiul modificărilor de structură și a compoziției chimice a smalțului dentar survenite în urma aplicării metodelor exogene de prevenire a cariei dentare la copiii cu dizabilități severe.*

*Material și metode: în studiu au fost luați 144 copii cu dizabilități severe, având vârsta cuprinsă între 13 și 15 ani. În funcție de măsurile cariopreventive aplicate, copiii au fost divizați în 3 loturi: L<sub>1</sub>, a inclus 48 copii care au beneficiat de fluorizare profundă a smalțului dentar; în L<sub>2</sub> s-a aplicat metoda fizico-chimică de prevenire a cariei dentare (laseroterapie și fluorizare profundă a smalțului), lotul de control (L<sub>0</sub>) a inclus 52 copii la care s-a realizat periajul dentar cu paste fluorurate. Pentru cercetarea structurii și compoziției chimice a smalțului dentar, 24 de dinți extrași în scop ortodontic au fost*

---

\*Conf. Univ. Dr. USMF „Nicolae Testemițanu” Chișinău, Republica Moldova

studiați prin microscopie electronică cu baleiaj-SEM și li s-a efectuat microanaliză radio-spectrală prin metoda spectroscopiei radiografice energodispersante.

Ca urmare a aplicării metodelor exogene de prevenire a cariei dentare, în loturile  $L_1$  și  $L_2$  la suprafața și în straturile profunde ale smalțului s-a depistat depozitarea micro-globulelor de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$ , reducerea considerabilă a concentrației carbonului, normalizarea relației  $\text{Ca/P}$  și majorarea semnificativă a conținutului fluorului. Metoda fizico-chimică de prevenire a contribuit la majorarea concentrației  $\text{F}$  de 1,63 ori în straturile superficiale și de 2,08 ori în straturile profunde ale smalțului, asigurând astfel un efect cariopreventiv sporit, comparativ cu metoda de fluorizare profundă a smalțului.

**Concluzie:** aplicarea simultană a laseroterapiei cu nanofluoruri la copiii cu dizabilități severe asigură un efect carioprotector maxim.

**Cuvinte cheie:** smalțul dentar, copii cu dizabilități, fluorizare profundă, iradierea cu laser 0,85-0,98  $\mu\text{m}$ , SEM.

## Abstract

The purpose of this work was to study the changes in the structure and chemical composition of dental enamel occurred as a result of application of exogenous methods for preventing dental caries in children with severe disabilities.

**Material and methods:** 144 children with severe disabilities have been involved in the study, aged between 13 and 15 years. Depending on the caries preventive measures applied, the children were divided into 3 groups:  $L_1$  included 48 children who benefited from profound fluoridation of dental enamel; in  $L_2$  the physicochemical method was applied to prevent dental caries (laser therapy and profound dental enamel fluoridation); the control group ( $L_0$ ) included 52 children that underwent tooth brushing with fluoride toothpaste. In order to investigate the structure and chemical composition of dental enamel of 24 teeth extracted following orthodontic indications the scanning electron microscopy SEM, and radio spectral microanalysis was performed by the energy-dispersant radiographic spectroscopy method.

As a result of application of exogenous methods for preventing dental caries in groups  $L_1$  and  $L_2$  on the surface and in deeper layers of enamel we found deposits of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$  micro-globules, considerable reduction of carbon concentration, normalization of  $\text{Ca/P}$  ratio, and significant increase of fluorine content. The physicochemical prevention method helped increase 1.63 times the  $\text{F}$  concentration in the surface layers of enamel and respectively 2.08 times in the adamantine depth, ensuring a greater caries preventive effect compared with profound fluoridation of dental enamel.

**Conclusion:** the simultaneous application of laser therapy and in children with severe disabilities offers a maximum protective effect.

**Key words:** tooth enamel, children with disabilities, profound fluoridation, laser irradiation 0,85-0,98  $\mu\text{m}$ , SEM.

## Introducere

Conform datelor Biroului Național de Statistică al Republicii Moldova actualmente în țară sunt circa 13349 copii cu dizabilități, iar tulburările

## Introduction

According to the National Bureau of Statistics of the Republic of Moldova there are currently about 13,349 disabled children in the country, and

sistemului nervos, inclusiv paralizia cerebrală infantilă, reprezintă 21% din toate tipurile de dizabilități [1]. La copiii cu dizabilități neuromotorii și intelectuale severe a fost constatat gradul sporit de afectare prin carie dentară în comparație cu copiii cu dezvoltare normală. Astfel, frecvența cariei dentare și a complicațiilor ei, după datele diferitor autori, variază de la 83,8% la 94,7 % la copiii cu patologie congenitală a sistemului nervos central (SNC) și a aparatului locomotor [2-9]. Cea mai mare intensitate a procesului carios este caracteristică pentru pacienții cu forme severe ale patologiei SNC cauzate de un complex de factori etiologici care acționează la diferite etape de dezvoltare a organismului. A fost elucidată creșterea intensității cariei dentare în funcție de gravitatea tulburărilor neurologice asociate, gradul de retardare mintală, numărul și severitatea infecțiilor suportate [4, 8, 9, 10, 11].

Afectarea perinatală a sistemului nervos central, tulburările severe ale metabolismului osos au un impact asupra patologiei aparatului dento-maxilar. Astfel, s-a observat o prevalență ridicată a cariei dentare, apariția cariei multiple și perturbarea vârstei de erupție a dinților la copiii cu paralizie cerebrală infantilă (PCI) [6, 7]. Unii autori au semnalat la copiii cu PCI gradul sporit de activitate carioasă, cu distrugerea parțială sau totală a părților coronare a dinților, erupția prematură sau întârzierea erupției [11-13].

În cadrul studiului nostru anterior [14], prin aplicarea microscopiei electronice cu baleiaj-SEM și a spectroscopiei IR (spectroscopie în raze infraroșii), s-au stabilit următoarele particularități structurale și a componenței chimice a smalțului dentar la copiii cu dizabilități neuromotorii severe:

- structura electronoptică a suprafeței smalțului este caracterizată de prezența zonelor cu o cantitate considerabilă de pori și microfisuri;
- concentrația sporită a ionilor  $\text{CO}_3^{2-}$  localizați în zona de tip B;
- majorarea ponderei componentei organice

the nervous system disorders, including infant cerebral paralysis, represent 21% of all types of disabilities [1]. We noted increased dental decay among children with severe neuromotor and intellectual impairments compared to children who develop normally. Thus, the frequency of dental caries and its complications, according to data from different authors, ranges from 83.8% to 94.7% in children with congenital pathologies of the central nervous system (CNS) and the locomotor system [2-9]. The highest intensity of the caries process is characteristic to patients with severe CNS pathology caused by a complex of etiological factors that act at different stages of development of the organism. We noticed the growth of dental caries intensity depending on the severity of associated neurological disorders, the degree of mental retardation, the number and severity of infections incurred [4, 8, 9, 10, 11].

The perinatal impairment of the central nervous system, and severe disorders of bone metabolism have an impact on maxillary and dental pathology. Thus, there was noticed high prevalence of dental decay, occurrence of multiple cavities and disturbance in tooth eruption terms in children with cerebral paralysis (CP) [6, 7]. Some authors have reported in children with CP heightened tooth decay, with partial or total destruction of coronal end of teeth, and premature or late tooth eruption [11-13].

Using the scanning electron microscopy SEM and IR spectroscopy in our previous study [14] we established the following structural and chemical composition features of tooth enamel in children with severe neuromotor disabilities:

- the electron optical structure of enamel surface is characterized by the presence of areas with a large amount of pores and micro-cracks;
- increased concentration of  $\text{CO}_3^{2-}$  ions located in the B-type area;



a smalțului în raport cu componenta minerală și respectiv, reducerea masei procentuale a P, Ca, Cl, Mg, Na și a conținutului de hidroxiapatită;

– majorarea concentrației carbonat-apatitei, cu intensitate redusă a peak-urilor de fosfat și o creștere semnificativă a componentelor organice.

Așadar, ca rezultat al studiului, s-au stabilit particularitățile structurale ale smalțului la nivel molecular și macroscopic cauzate de dereglările de mineralizare survenite în perioada de formare a dinților, precum și în perioada de mineralizare posteruptivă la copiii cu dizabilități neuromotorii severe. Rezultatele obținute demonstrează reducerea considerabilă a rezistenței smalțului la atacul carios precum și riscul sporit de apariție a noilor leziuni carioase. Prin urmare, pentru prevenirea cariei dentare la copiii cu dizabilități neuromotorii severe este necesară aplicarea rațională și eficientă a măsurilor cariopreventive, ținute pe factorii individuali de risc, cu luarea în considerație a întârzierii în dezvoltare a organismului, a tulburărilor sistemului imunitar, a schimbărilor statusului hormonal și a mineralizării insuficiente a scheletului ca urmare a dereglării metabolismului mineral.

Scopul lucrării a constat în studiul modificărilor de structură și a compoziției chimice a smalțului dentar survenite în urma aplicării simultane a laseroterapiei și fluorizării profunde a smalțului la copiii cu dizabilități severe.

## Material și metode

Această cercetare a fost precedată de un studiu clinic realizat pe un eșantion de 309 copii convențional sănătoși în decurs de 3 ani, în cadrul căreia s-a evaluat efectul carioprotector a diferitor metode exogene de prevenire a cariei dentare. Metodele care s-au dovedit a fi cele mai eficiente au fost aplicate în cadrul prezentei cercetări.

Pentru realizarea obiectivului stabilit, au fost luați în studiu 144 copii cu dizabilități severe, având

– increasing share of the organic component of enamel in relation to the mineral component, and respectively, decreasing percentage weight of P, Ca, Cl, Mg, Na and hydroxyapatite content;

– increased concentration of carbonate-apatite, low intensity of phosphate peaks and a significant growth in the organic components.

So, as a result of this study we determined the structural features of the enamel at the molecular and macroscopic level, caused by mineralization disorders occurred during tooth formation and during post-eruptive mineralization in children with severe neuromotor disabilities. The results obtained show a considerable reduction of enamel resistance to caries attack and a high risk of developing new carious lesions. Therefore, to prevent dental caries in children with severe neuromotor disabilities it is necessary to apply rational and efficient caries preventive measures, targeted to individual risk factors, taking into account the delay in the development of the body, the immune system disorders, hormonal changes and insufficient mineralization of the skeleton due to disturbance in the mineral metabolism.

The purpose of this work was to study the changes in the structure and chemical composition of dental enamel occurred as a result of simultaneously application of *laser therapy and profound dental enamel fluoridation* in children with severe disabilities.

## Material and methods

This research was preceded by a clinical study conducted on a sample of 309 conventionally healthy children for three years, where we evaluated the caries protective effect of different exogenous methods meant for dental caries prevention. The methods that have been found to be most effective were applied in this research.

To achieve the target set, 144 children with severe disabilities have been involved in the study,

vârsta cuprinsă între 13 și 15 ani. Din numărul total de copii, 47 (32,64%) suferă de dizabilități neuromotorii severe și 97 (67,36%) - de dizabilități intelectuale severe. Din cauza deficiențelor existente, copiii incluși în studiu nu sunt capabili să se deservască independent, inclusiv să efectueze de sine stătător igienizarea cavității orale. În scopul realizării sistematice a igienei orale, au fost instruite cadrele medicale medii, auxiliare și alte persoane care îngrijesc acești copii.

În funcție de măsurile cariopreventive aplicate, copiii au fost divizați în 3 loturi:

$L_1$  - a inclus 48 copii care au beneficiat de fluorizare profundă a smalțului dentar, realizată în modul următor: după igienizarea cavității orale, pe suprafața dinților s-au aplicat 1-3 picături de soluție Nr.1 *Gluftored* timp de 60 sec, după care pe aceleași suprafețe s-au aplicat 1-3 picături de suspensie Nr.2 *Gluftored* (fig.1). Preparatul *Gluftored*, *Vladmiva* (Rusia) este destinat pentru fluorizarea profundă a smalțului și include un set alcătuit din 2 componente: 1 fl cu 10 ml soluție smalț-ermetizantă și 1 fl cu 10 ml suspensie. Soluția Nr.1 smalț-ermetizantă conține un complex de nanofluoruri: 7,0 g fluorosilicat de magneziu, 0,3 g fluorosilicat de cupru, 0,1 g fluorură de sodiu (în calitate de stabilizator) și apă distilată. Suspensia Nr.2 conține: 19,3 g hidroxid de calciu înalt dispersat, 4,1 g hidroxid de cupru, 0,6 g hidroxicuprat de calciu, sulfatdihidrat de calciu, metilceluloză și apă distilată (fig. 2).

$L_2$  - a fost constituit din 44 copii cărora li s-a aplicat metoda combinată, fizico-chimică, de prevenire a cariei dentare (laseroterapie și fluorizare profundă a smalțului dentar). Metoda propusă s-a realizat în modul următor: după igienizarea cavității orale, suprafețele dinților s-au iradiat cu lumina laser 0,85-0,98  $\mu\text{m}$ , durata expunerii fiind de 60 s. Apoi pe suprafața dinților s-au aplicat 1-3 picături de soluție Nr.1 *Gluftored* și simultan s-a iradiat cu lumina laser în același regim (fig.3). După aceasta, pe aceleași suprafețe s-au aplicat 1-3

aged between 13 and 15 years. Of the total number of children 47 (32.64%) suffer from severe neuromotor disabilities and 97 children (67.36%) - from severe intellectual disabilities. Because of the deficiencies borne by the children included in the study, they are not able to take care of themselves independently, nor to perform the oral cavity hygiene. In order to secure their systematic oral hygiene, middle and auxiliary medical staff and other caregivers of these children have been trained.

Depending on the caries preventive measures applied, the children were divided into 3 groups:

$L_1$  - included 48 children who received profound dental enamel fluoridation, carried out as follows: after cleaning the oral cavity 1-3 drops of solution *Gluftored* No. 1 have been applied on teeth surface for 60 seconds, after which 1-3 drops of suspension *Gluftored* No.2 were applied on the same surfaces (fig.1). *Gluftored* preparation, *Vladmiva* (Russia), is intended for profound fluoridation of the enamel and includes a set of two components: 1 fl 10 ml enamel sealant, and 1 fl 10 ml suspension. The enamel sealant No.1 contains a set of nanofluorides : 7.0 g of magnesium fluorosilicate, 0.3 g of copper fluorosilicate, 0.1 g of sodium fluoride (as a stabilizer) and distilled water. The suspension No.2 contains: 19.3 g highly dispersed calcium hydroxide, 4.1 g copper hydroxide, 0.6 g of calcium hydroxicuprate, calcium sulfatdihydrate, methyl cellulose and distilled water (fig 2).

$L_2$  - consisted of 44 children to whom the physicochemical method of preventing dental caries has been applied (laser therapy and profound enamel fluoridation). The suggested method was carried out as follows: after cleaning the oral cavity the tooth surfaces were irradiated with laser light of 0.85-0.98  $\mu\text{m}$ , and the exposure time was 60 seconds. Then, 1-3 drops of *Gluftored* solution No.1 were applied on the surface of the teeth and simultaneously laser light in the same regime was irradiated (fig 3). After that, 1-3 drops of suspension





Fig. 1. Aplicarea topică a preparatului *Gluflored*.

Fig. 1. Topical application of *Gluflored*.



Fig. 2. Preparatul *Gluflored*, *Vladmiva*, Rusia.

Fig. 2. *Gluflored* preparation, *Vladmiva*, Russia

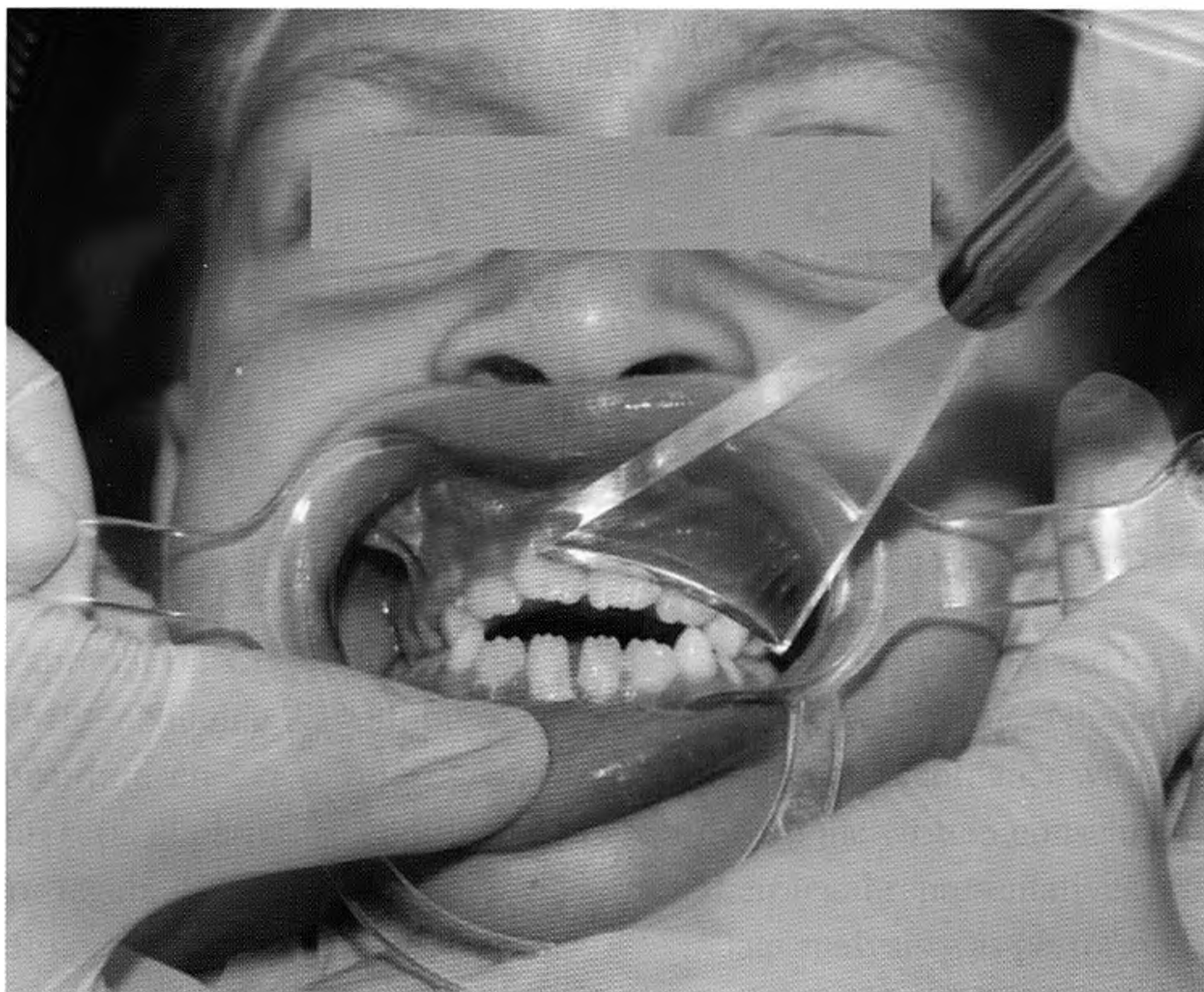


Fig. 3. Iradierea suprafețelor dinților cu lumina laser 0,85-0,98  $\mu\text{m}$ .

Fig. 3. Laser irradiation 0.85-0.98  $\mu\text{m}$  on teeth surfaces.

picături de suspensie Nr.2 *Gluftored* și s-a iradiat cu lumina laser infraroșie timp de 60 s (Brevet MD 582) [15].

Pentru aplicarea acestei metode a fost utilizat dispozitivul laser *Optodan ALST-01*, Vend (Rusia) cu emițător semiconductor pe bază de arseniat de galiu (GaAs) având un regim impulsiv de generare, lungimea de undă 0,85-0,98  $\mu\text{m}$ , frecvența 2000-3000 Hz și puterea impulsului 5 W (fig. 4). În loturile  $L_1$  și  $L_2$  au fost realizate 2-3 ședințe preventive, în funcție de riscul carios estimat anterior.

$L_0$ , lotul de control, a inclus 52 copii la care s-a realizat numai periaj dentar cu paste fluorurate, concentrația F fiind adecvată vârstei copiilor. Durata studiului a fost de 3,5 luni.

Din numărul total de 144 copii luați în studiu, conform indicațiilor medicului ortodont, a fost recomandată extracția premolarilor superiori la 12

*Gluftored* No.2 were applied and infrared laser light was irradiated for 60 seconds on the same surfaces (Brevet MD 582) [15].

To conduct this method there has been used laser device *Optodan ALST-01*, Vend, Russia, with Gallium arsenide-based semiconductor (GaAs) with an impulsive generation regime, 0.85-0.98  $\mu\text{m}$  wavelength, 2000-3000 Hz frequency and 5 W impulse power (fig. 4). For groups  $L_1$  and  $L_2$ , 2-3 preventive sessions have been performed based on the previously estimated risk of caries.

$L_0$ , the control group included 52 children who had undergone tooth brushing with fluoride toothpaste in which the F concentration was appropriate to children's age. Study duration was 3.5 months.

Of the total number of 144 children included in the study the extraction of upper premolars





Fig. 4. Dispozitivul laser 0,85-0,98  $\mu\text{m}$  Optodan ALST-01, Vend, Rusia.

Fig. 4. Laser 0.85-0.98  $\mu\text{m}$  Optodan ALST-01, Vend, Russia.

(8,33%) subiecți. Pe dinții extrași a fost studiată structura și compoziția chimică a diverselor regiuni ale smalțului dentar. Au fost cercetate 72 piese de smalț preparate din cei 24 dinți extrași după indicații ortodontice (tab.1). S-a efectuat microscopia electronică cu baleiaj-SEM cu echipamentul VEGA TESCAN TS 5130 MM și microanaliza radio-spectrală ulterioară (MRS) prin metoda spectroscopiei radiografice energodispersante cu ajutorul detectorului de materiale de tipul EDX (Oxford Instruments energy-dispersive x-ray system) (UK). Această examinare a fost realizată în baza Centrului Național de Cercetare și Testare a Materialelor (director – membru corespondent AȘM, profesor, dr. hab. I. Tighineanu) a Universității Tehnice a Moldovei.

was recommended to 12 (8.34%) subjects. We studied the structure and chemical composition of different regions of dental enamel. Was investigated 72 pieces of enamel prepared from 24 extracted teeth following orthodontic indications (tab.1). Scanning electron microscopy SEM was performed with TESCAN VEGA TS 5130 MM equipment and further radio spectral microanalysis (RSM) was performed by method of energy-dispersive x-ray spectroscopy using EDX detector of materials (Oxford Instruments energy-dispersive x-ray system) (UK). This review was conducted in the National Centre for Research and Testing of Materials (Director - Corresponding Member of ASM, Professor, PhD I. Tighineanu) of the Technical University of Moldova.



Tabelul 1. Repartiția loturilor de studiu  
Table 1. Distribution of study groups

| Lotul<br><br>Group | Copii<br>Children |       |   |      | Dinți extrași<br>Extracted teeth |       | Piese de smalț studiate<br>Samples of enamel |       |
|--------------------|-------------------|-------|---|------|----------------------------------|-------|--|-------|
|                    | Total             |       | Cu indicație de extracție<br>Indication of extraction |      |                                  |       |  |       |
|                    | n                 | %     | n   | %    | n                                | %     | n  | %     |
| L <sub>1</sub>     | 44                | 30,56 | 4   | 2,78 | 8                                | 33,33 | 24   | 33,33 |
| L <sub>2</sub>     | 48                | 33,33 | 4   | 2,78 | 8                                | 33,33 | 24   | 33,33 |
| L <sub>0</sub>     | 52                | 36,11 | 4   | 2,78 | 8                                | 33,33 | 24   | 33,33 |
| total              | 144               | 100   | 12  | 8,34 | 24                               | 100   | 72   | 100   |

Studiul a fost aprobat de Comitetul de Etică a cercetării a USMF „Nicolae Testemițanu” și realizat în conformitate cu cerințele etice, cu obținerea acordului scris al părinților copiilor sau reprezentanților lor legali.

Analiza datelor a fost realizată utilizând programele Microsoft® Excel® 2013 și IBM® SPSS Statistics 22.0 cu ajutorul funcțiilor și modulelor acestor programe.

Rezultate

Ca urmare a aplicării metodei de fluorizare profundă (L<sub>1</sub>) și a metodei combinate - laseroterapie și fluorizare profundă (L<sub>2</sub>), în piesele de smalț preparate din dinții extrași după efectuarea ultimei ședințe cariopreventive, pe unele zone de la suprafața smalțului s-a depistat un sediment granulat înalt dispersat. Microanaliza radio-spectrală realizată simultan ne-a permis să estimăm relația atomică a Ca, P, F, Mg, Cu, fapt care confirmă prezența cristalelor CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> și CuF<sub>2</sub> în componența sedimentului depozitat (fig.5).

Suprafața smalțului în lotul de control (fig.6) este caracterizată de prezența microfisurilor, protuberanțelor și a altor microstructuri în formă de orificii care se prelungesc în microcanalicule cu diametrul până la 2 μm, formând un relief de tipul

The study was approved by the Research Ethics Committee of SUMP „Nicolae Testemițanu”, was conducted in accordance with ethical requirements, and with the written consent of children’s parents or their legal representatives.

Data analysis was performed using Microsoft® Excel® 2013 și IBM® SPSS Statistics 22.0 software using the functions and modules of these programs.

Results

As a result of the profound fluoridation method (L<sub>1</sub>) and the combined method - laser therapy and profound fluoridation (L<sub>2</sub>) in the pieces of enamel prepared from extracted teeth after the last caries preventive session, we found a highly dispersed grained sediment on some areas of the enamel surface. The radio-spectral microanalysis performed simultaneously allowed us to estimate the atomic relationship of Ca, P, F, Mg, Cu, which confirms the presence of CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> and CuF<sub>2</sub> crystals in the composition of deposited sediment (fig.5).

Enamel surface in the control group (fig.6) is characterized by the presence of micro-cracks, protrusions and other microstructures in the form of holes, which extend into micro-ducts of up to 2 μm in diameter, forming a relief like a „honey

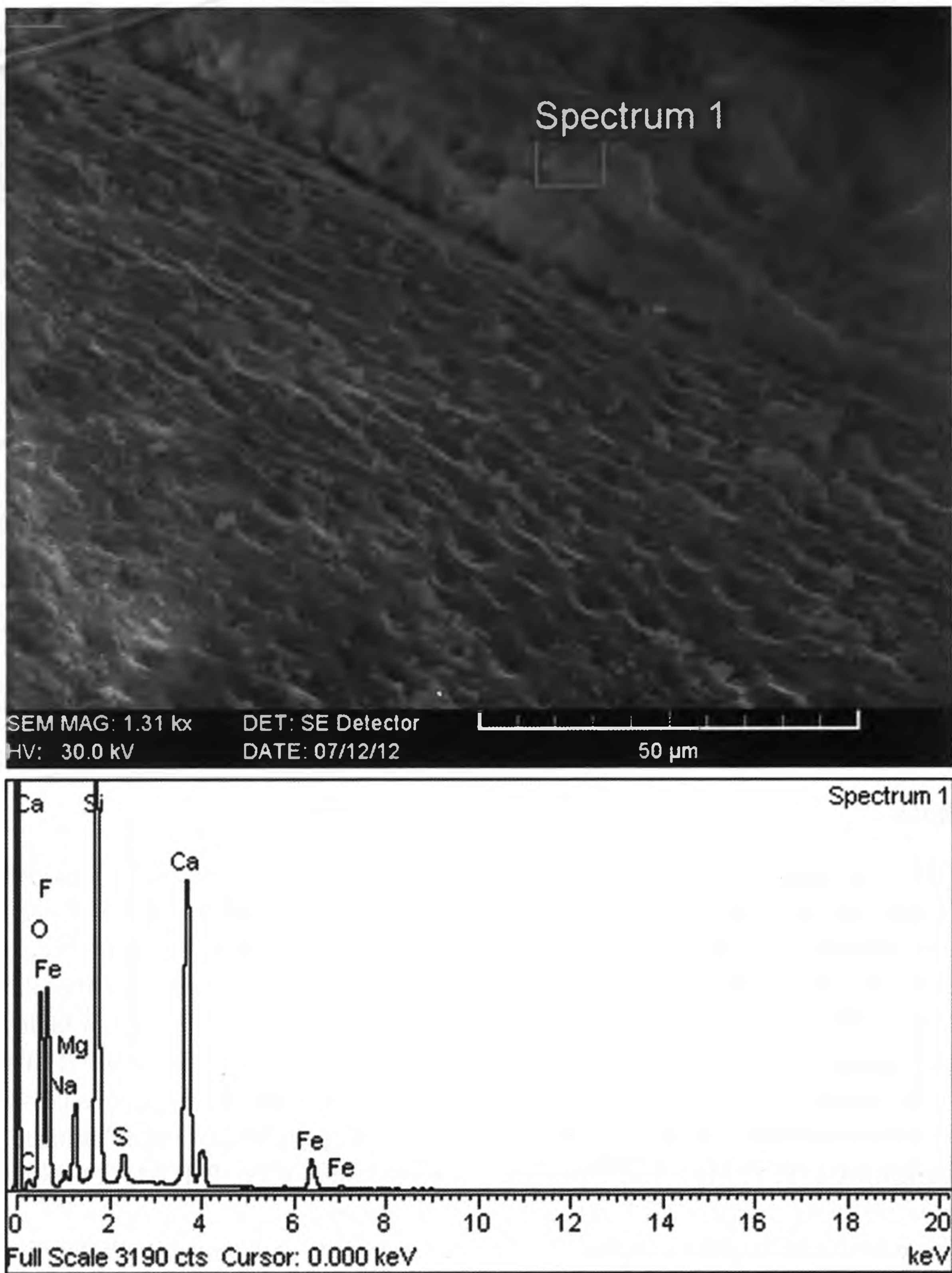


Fig. 5. Imagine electronoptică prin baleiaj cu SEM a suprafeței externe a smalțului unui dinte intact extras după efectuarea ultimei ședințe de laseroterapie și fluorizare profundă simultană. Depozitarea sedimentului granulat înalt dispersat.

Spectrul 1 - rezultatul analizei spectrale în zona sedimentului granulat înalt dispersat.

Fig. 5. SEM picture of external enamel surface of an intact tooth extracted after the last laser therapy session and simultaneous profound fluoridation. Depositing of highly dispersed granular sediment. Spectrum 1 - the result of spectral analysis in the highly dispersed granular sediment.



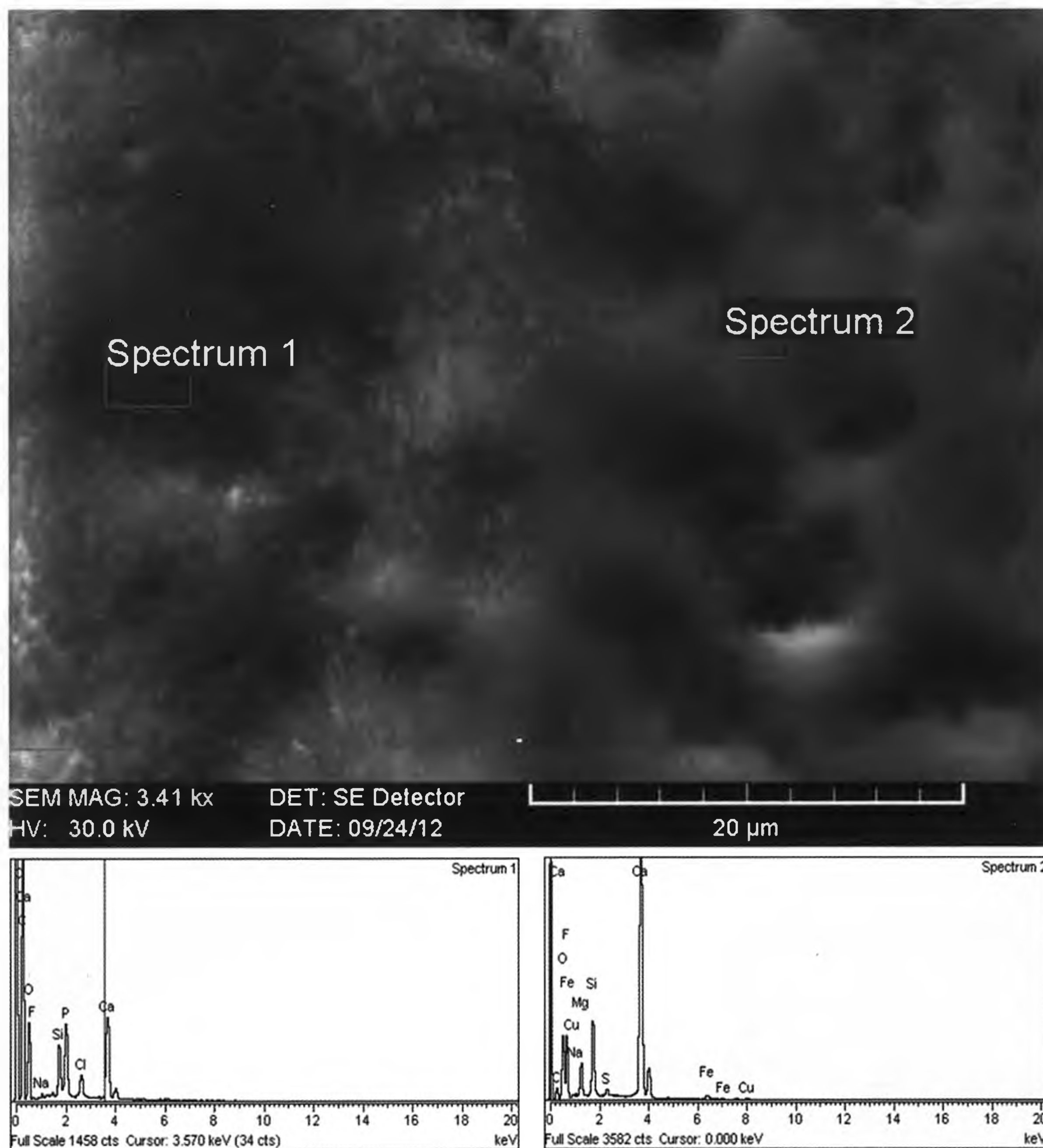


Fig. 6. Imagine electronoptică prin baleiaj cu SEM a suprafeței externe a smalțului unui dinte intact.

Spectrul 1 - rezultatul analizei spectrale în zona orificiilor microcanaliculelor.

Spectrul 2 - rezultatul analizei spectrale la suprafața cristalelor de hidroxiapatită.

Fig. 6. SEM picture of external enamel surface of an intact tooth.

Spectrum 1 - the result of spectral analysis in the holes of micro-ducts.

Spectrum 2 - the result of the spectral analysis on the surface of hydroxyapatite crystals.

„fagurelui de miere”. Pe suprafețele de fractură a smalțului se observă microcanalicule în formă de tunel care pătrund în straturile mai profunde și modifică direcția prismelor de smalț.

Realizarea SEM și a microanalizei radio-spectrale a pieselor de smalț preparate din dinții

comb”. On enamel fracture surfaces we observed micro tunnel-shaped ducts that penetrate into the deeper layers of enamel and change the direction of adamantine prisms).

The SEM and radio spectral microanalysis of the enamel pieces prepared from extracted teeth within

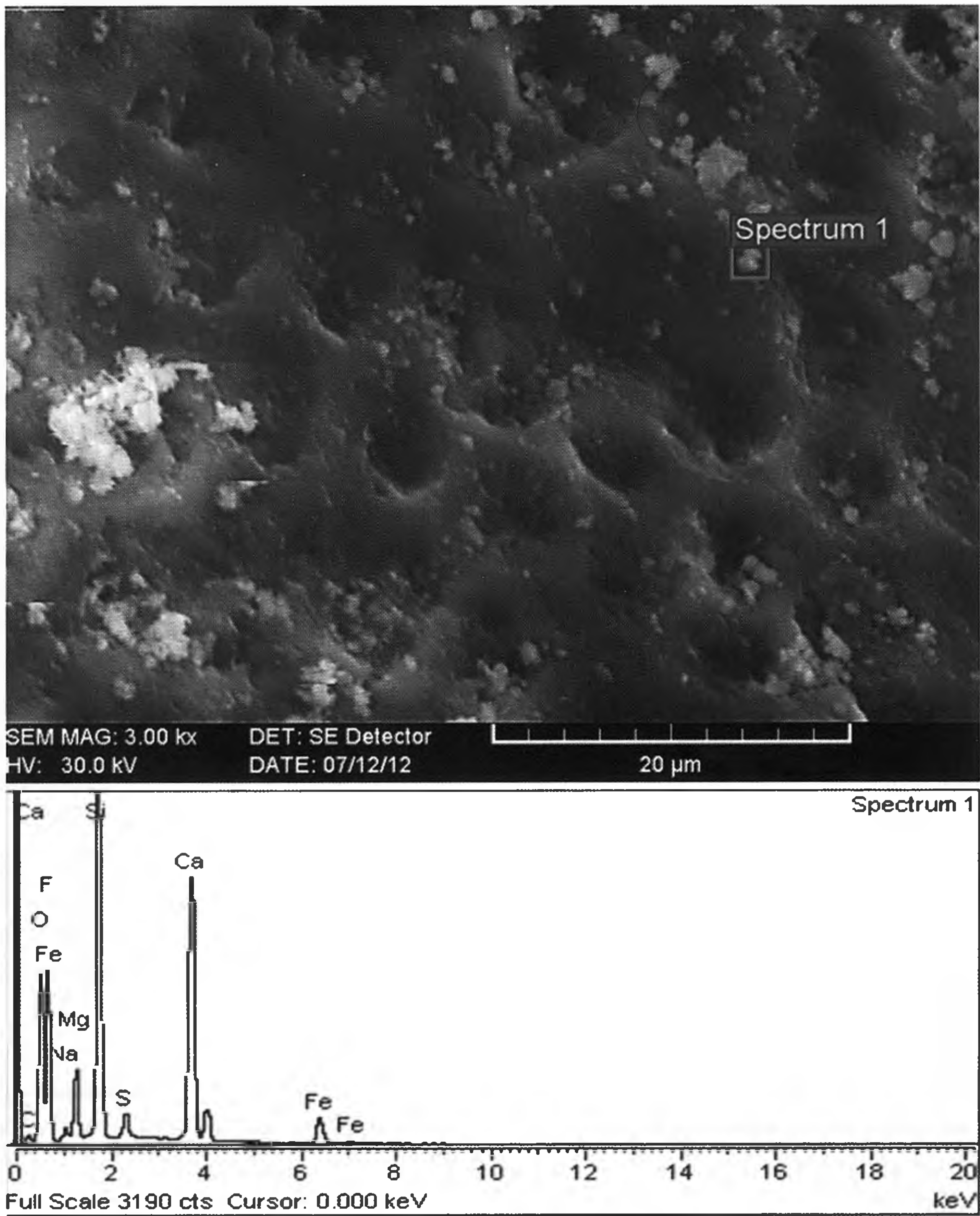


Fig. 7. Imagine electronoptică prin baleiaj cu SEM a suprafeței externe a smalțului unui dinte intact extras la 1 lună după efectuarea ultimei ședințe de laseroterapie și fluorizare profundă simultană.

Depozitarea micro-globulelor.

Spectrul 1 - rezultatul analizei spectrale în zona micro-globulelor.

Fig. 7. SEM picture of external enamel surface of an intact tooth extracted 1 month after the last laser therapy session and simultaneous profound fluoridation.

Depositing of micro-globules.

Spectrum 1 - the result of spectral analysis in the area of micro-globules.



extrași la distanța de 1 lună după ultima ședință cariopreventivă a evidențiat la suprafața smalțului în loturile  $L_1$  și  $L_2$  depozitarea micro-globulelor de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$  având dimensiuni care nu depășesc 5 nm, spre deosebire de absența acestora în lotul de control. La suprafața smalțului în lotul  $L_2$  s-a constatat un număr mai mare de micro-globule, comparativ cu lotul  $L_1$  (fig.7).

Concentrația carbonului reflectă conținutul substanțelor organice în piesele de smalț studiate. Valorile maxime ale acestui element s-au depistat în lotul de control,  $34,81 \pm 0,06$  în straturile superficiale și  $50,73 \pm 0,03$  în cele profunde, fapt care indică gradul redus de mineralizare a smalțului și eficiența redusă a măsurilor preventive aplicate. În urma efectuării fluorizării profunde a smalțului, concentrația C s-a redus cu 57,66%, constituind  $14,74 \pm 0,03$  ( $p_{1-0} < 0,001$ ) la suprafața smalțului și cu 59,02%, reprezentând  $20,79 \pm 0,38$  ( $p_{1-0} < 0,001$ ) în straturile profunde ale acestuia. Aplicarea metodei combinate, fizico-chimice de prevenire a cariei, s-a dovedit a fi mai eficientă, conducând la reducerea concentrației carbonului cu 57,74%, constituind astfel  $14,22 \pm 0,28$  ( $p_{2-0} < 0,001$ ) în straturile superficiale și, respectiv, cu 61,19%, reprezentând  $19,96 \pm 0,06$  ( $p_{2-0} < 0,001$ ) în cele profunde (tab.2).

În componența cristalelor suprafeței superficiale a smalțului în lotul  $L_2$ , urmat de  $L_1$  s-au găsit cele mai mari concentrații ale substanțelor minerale, valorile minime fiind apreciate în lotul de control. La copiii din lotul de control, relația Ca/P constituie  $1,4 \pm 0,008$ , fapt care denotă reducerea considerabilă a cariorezistenței smalțului. În urma aplicării măsurilor preventive, valoarea relației Ca/P în lotul  $L_1$  este de  $1,7 \pm 0,11$  ( $p_{1-0} < 0,001$ ) și în lotul  $L_2$  de  $1,79 \pm 0,03$  ( $p_{2-0} < 0,001$ ), prin urmare, s-a majorat în raport cu lotul de control de 1,21 ori în lotul  $L_1$  și de 1,28 ori în lotul  $L_2$ , atingând astfel valorile normei.

1 month after the last caries preventive session elucidated deposit of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$  micro-globules with dimensions not more than 5 nm on enamel surface in groups  $L_1$  and  $L_2$ , as opposed to the lack of globules in the control group. In group  $L_2$  we found a large number of micro-globules on the enamel surface, as compared to  $L_1$  (fig.7).

The carbon concentration reflects the content of organic substances in the pieces of enamel studied. The maximum values of this element were found in the control group, which constituted  $34.81 \pm 0.06$  in superficial layers, and  $50.73 \pm 0.03$  in the deep ones, which indicates low mineralization of enamel and reduced efficiency of preventive measures applied. As a result of profound enamel fluoridation the C concentration decreased by 57.66% which constituted  $14.74 \pm 0.03$  ( $p_{1-0} < 0.001$ ) on enamel surface and by 59.02% which constituted  $20.79 \pm 0.38$  ( $p_{1-0} < 0.001$ ) in its deeper layers. The application of the combined physicochemical method for prevention of dental caries has proven to be more efficient, leading to a reduction of the C concentration by 57.74%, which constituted  $14.22 \pm 0.28$  ( $p_{2-0} < 0.001$ ) on the surface and respectively, by 61.19% in the deep layers, which constituted  $19.96 \pm 0.06$  ( $p_{2-0} < 0.001$ ) (tab. 2).

The composition of crystals on the enamel surface in the  $L_2$  followed by  $L_1$  contained the highest concentrations of minerals, and the minimum values were discovered in the control group. In children from control group the Ca/P relationship constituted  $1.4 \pm 0.008$ , which shows significant reduction of cario-resistance of enamel. After applying preventive measures the Ca/P relationship was in  $L_1$  group  $1.7 \pm 0.11$  ( $p_{1-0} < 0.001$ ) and in  $L_2$  group  $1.79 \pm 0.03$  ( $p_{2-0} < 0.001$ ), therefore value increased compared with the control group 1.21 times in  $L_1$  and in  $L_2$  respectively - 1.28 times, reaching thus normal values.

Tabelul 2. Componenta macro- și microelementelor în smalțul dentar la copii  
în urma aplicării metodelor exogene de prevenire a cariei dentare (atom %, M±s)  
Table 2. The composition of macro and micro-elements in children's dental enamel  
as a result of application of exogenous methods for preventing dental caries (atom %, M±s)

| Zona de<br>smalț studi-<br>ată<br><br>The studied<br>area of ena-<br>mel | Lotul<br><br>Group | Componenta macro- și microelementelor în smalțului dentar (atom %, M±s)<br><br>The composition of macro and micro-elements in children's dental enamel (atom %, M±s) |                |            |            |           |            |             |            |            |           |           |
|--|--------------------|--|----------------|------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|
|  |                    | C  | O <sub>2</sub> | Ca         | P          | Na        | Cl         | Mg          | F          | Si         | Cu        | Ca/P      |
| sediment   | L <sub>1</sub>     | 0  | 0              | 56,52±2,33 | 0          | 0         | 0          | 6,35±0,21   | 32,23±1,81 | 2,55±0,35  | 2,28±0,03 | 0         |
| granulat *   | L <sub>2</sub>     | 0  | 0              | 55,86±2,73 | 0          | 0         | 0          | 6,39±0,25   | 32,74±2,1  | 2,65±0,41  | 2,29±0,04 | 0         |
| granular<br>sediment *   | p <sub>1-2</sub>   | 0  | 0              | p>0,05     | 0          | 0         | 0          | p>0,05      | p>0,05     | p>0,05     | p>0,05    | 0         |
| stratul<br>superficial **  | L <sub>1</sub>     | 14,74±0,03   | 55,98±0,02     | 17,46±0,34 | 10,33±0,53 | 0,53±0,01 | 0,41±0,01  | 0,13±0,05   | 0,27±0,06  | 0,01±0,003 | 0,14±0,06 | 1,7±0,11  |
|  | L <sub>2</sub>     | 14,22±0,28   | 55,86±0,27     | 18,1±0,36  | 10,11±0,07 | 0,53±0,01 | 0,41±0,01  | 0,16±0,04   | 0,44±0,05  | 0,01±0,001 | 0,16±0,04 | 1,79±0,03 |
|  | L <sub>0</sub>     | 34,81±0,06   | 35,9±0,13      | 16,51±0,03 | 11,79±0,05 | 0,52±0,04 | 0,43±0,04  | 0,003±0,005 | 0,037±0,06 | 0          | 0         | 1,4±0,008 |
|  | p <sub>1-0</sub>   | p<0,001  | p<0,001        | p<0,001    | p<0,001    | p>0,05    | p<0,01     | p<0,001     | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001   |
| superficial<br>layer **  | p <sub>2-0</sub>   | p<0,001  | p<0,001        | p<0,001    | p<0,001    | p>0,05    | p<0,01     | p<0,001     | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001   |
|  | p <sub>1-2</sub>   | p<0,001  | p<0,05         | p<0,001    | p<0,05     | p>0,05    | p>0,05     | p<0,05      | p<0,001    | p>0,05     | p>0,05    | p<0,001   |
| stratul<br>profund **  | L <sub>1</sub>     | 20,79±0,38   | 47,88±0,04     | 18,79±0,16 | 11,24±0,17 | 0,43±0,01 | 0,53±0,01  | 0,09±0,02   | 0,12±0,02  | 0,01±0,001 | 0,12±0,02 | 1,67±0,01 |
|  | L <sub>2</sub>     | 19,96±0,06   | 47,89±0,63     | 19,33±0,64 | 11,35±0,11 | 0,43±0,01 | 0,53±0,004 | 0,11±0,02   | 0,25±0,03  | 0,02±0,005 | 0,15±0,02 | 1,71±0,05 |
|  | L <sub>0</sub>     | 50,73±0,03   | 27,54±0,04     | 11,16±0,04 | 9,62±0,02  | 0,42±0,01 | 0,52±0,006 | 0           | 0,014±0,04 | 0          | 0         | 1,17±0,01 |
|  | p <sub>1-0</sub>   | p<0,001  | p<0,001        | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001    | p<0,001     | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001   |
| deep layer **  | p <sub>2-0</sub>   | p<0,001  | p<0,001        | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001    | p<0,001     | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,001   |
|  | p <sub>1-2</sub>   | p<0,001  | p>0,05         | p<0,001    | p<0,05     | p>0,05    | p>0,05     | p<0,01      | p<0,001    | p<0,001    | p<0,001   | p<0,01    |

\* rezultate imediate după efectuarea ultimei ședințe cariopreventive

\* immediate results after the last caries preventive session

\*\* rezultate la distanța de 1 lună după ultima ședință cariopreventivă

\*\* results within 1 month after the last caries preventive session



În urma fluorizării profunde a smalțului, concentrația F a constituit  $0,27 \pm 0,06$  ( $p_{1-0} < 0,001$ ) în straturile superficiale și  $0,12 \pm 0,02$  ( $p_{1-0} < 0,001$ ) în cele profunde, prin urmare s-a majorat de 7,5 ori în zonele superficiale cercetate și de 8,57 ori în cele profunde, comparativ cu rezultatele obținute după periajul dentar cu paste fluorate. Aplicarea simultană a iradierii laser în regim de impulsuri cu intensitate joasă în diapazonul de lungimi de undă infraroșii și a nanofluorurilor a contribuit la majorarea concentrației F în straturile superficiale ale smalțului de 12,22 ori, constituind astfel  $0,44 \pm 0,05$  ( $p_{2-0} < 0,001$ ) iar în cele profunde reprezintă  $0,25 \pm 0,03$  ( $p_{2-0} < 0,001$ ), prin urmare, s-a majorat de 17,85 ori, în raport cu lotul de control.

Analiza comparativă a efectului carioprotector a metodelor preventive aplicate în lotul  $L_1$  și  $L_2$  a elucidat diferențe semnificative statistic între concentrația substanțelor organice și minerale atât în straturile superficiale, cât și în cele profunde ale smalțului.

Astfel, în urma efectuării laseroterapiei simultan cu fluorizarea profundă a smalțului, concentrația C s-a redus cu 3,53% la suprafața smalțului și cu 3,99% în straturile profunde ale acestuia, comparativ cu aplicarea topică a nanofluorurilor ( $p_{1-2} < 0,001$ ). Relația Ca/P în lotul  $L_2$  depășește de 1,05 ori valoarea acestui indicator estimat în lotul  $L_1$  ( $p_{1-2} < 0,001$ ).

Metoda fizico-chimică de prevenire a contribuit la majorarea concentrației F în straturile superficiale ale smalțului de 1,63 ori și în cele profunde de 2,08 ori, asigurând astfel un efect cariopreventiv sporit, comparativ cu metoda chimică de prevenire a cariei dentare ( $p_{1-2} < 0,001$ ). O importanță deosebită acordăm majorării concentrației F, Mg și Cu în straturile profunde ale smalțului, fapt care confirmă depozitarea cristalelor de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$  în straturile profunde ale smalțului.

As a result of profound fluoridation of enamel the F concentration constituted  $0.27 \pm 0.06$  ( $p_{1-0} < 0.001$ ) in superficial layers and  $0.12 \pm 0.02$  ( $p_{1-0} < 0.001$ ) in the deep ones and increased 7.5 times on the enamel surface researched and 8.57 times in deep layers compared to the results obtained after tooth brushing with fluoride toothpaste. Simultaneous application of laser irradiation under low intensity impulses in the range of infrared wavelengths and nanofluorides contributed to the increase 12.22 times in the F concentration in the surface layers of enamel, which constituted  $0.44 \pm 0.05$  ( $p_{2-0} < 0.001$ ) and  $0.25 \pm 0.03$  ( $p_{2-0} < 0.001$ ) in deep layers, thus is increased 17.85 times, as compared with the control group.

Comparative analysis of caries protective effect of preventive methods applied in  $L_1$  and  $L_2$  revealed statistically significant differences between the concentration of organic substances and minerals both in the superficial and deep layers of enamel.

Thus, as a result of laser therapy along with profound enamel fluoridation the C concentration decreased by 3.53% on enamel surface and by 3.99% in its deeper layers as compared to the topical application of nanofluorides ( $p_{1-2} < 0.001$ ). The Ca/P relationship in the  $L_2$  exceeds 1.05 times the estimated value of this indicator in the group  $L_1$  ( $p_{1-2} < 0.001$ ).

The physicochemical prevention method helped increase 1.63 times the F concentration in the surface layers of enamel and respectively 2.08 times in the deep layers, ensuring a greater caries preventive effect compared with the chemical method for dental caries prevention ( $p_{1-2} < 0.001$ ). We give particular importance to the growth of F, Mg and Cu concentration in the deeper layers of enamel, which confirms the deposit of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$  crystals in the deeper layers of enamel.

## Discuții

Este stabilit faptul că smalțul dentar poate fi penetrat de un șir de ioni și molecule, acest proces fiind limitat de distanța dintre cristale. Conform studiilor unui număr impunător de autori cristalele de hidroxiapatită sunt înconjurată de un strat hidratat de aproximativ 1 nm, iar distanța dintre cristale este de 2,5 nm. De regulă, razele diferiților ioni variază în limitele 0,15-0,18 nm, fapt care permite penetrarea unui număr considerabil de cationi și anioni în smalț [16-20]. Astfel, cristalele de hidroxiapatită nu rămân stabile, iar structura și proprietățile lor variază în funcție de compoziția stratului hidratat, care este determinată de compoziția mediului care-l înconjoară [21]. Rata de penetrare a ionilor în cristale mai este determinată și de durata interacțiunii lor cu suprafața smalțului [23-28]. Numeroase studii au dovedit eficiența aplicării topice a fluorurilor în majorarea rezistenței smalțului dentar la atacul carios.

Conform teoriei elaborate de Knappwost (1993), mineralizarea smalțului are loc atunci când saliva este suprasaturată cu ionii ce formează apatita:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ . Conform rezultatelor cercetărilor autorului, concentrația ionilor de  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{PO}_4^{3-}$  în salivă este, de regulă, relativ constantă și se menține la un nivel suficient pentru a asigura procesul de remineralizare. Concentrația ionilor  $\text{OH}^-$  se poate reduce de 1000 ori, de exemplu la un pH=4 în zona interdentală. Procesele de remineralizare-demineralizare sunt reglate de ionii  $\text{OH}^-$ . Insuficiența acestor ioni poate fi compensată prin aportul ionilor de fluor, care sunt structural analogi [29, 30].

În scopul majorării eficienței prevenirii cariei dentare, Knappwost a elaborat preparatul pentru fluorizarea profundă a smalțului denumit lichid smalț-ermetizant, produs de firma „Humanchemie” (Germania). Din anul 2002, firma „Vladmiva” din

## Discussions

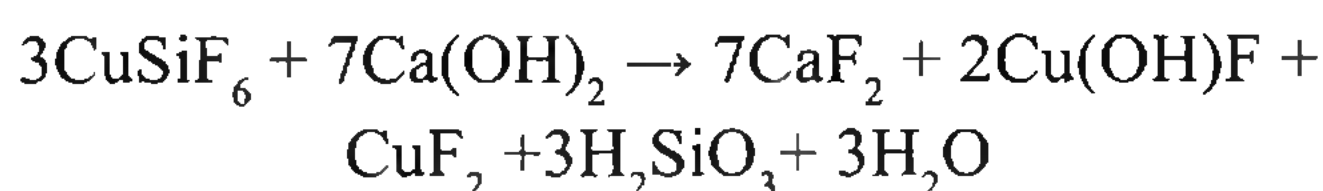
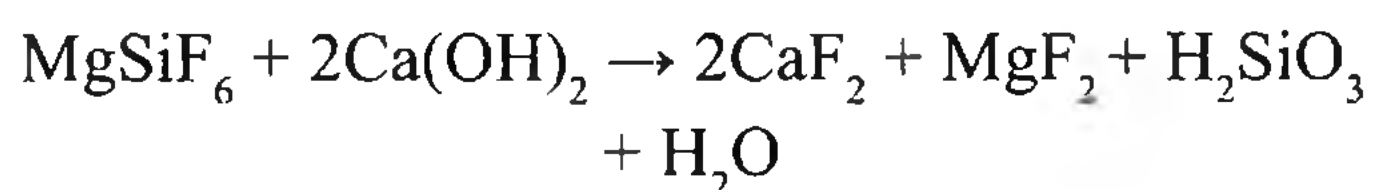
It is confirmed that tooth enamel can be penetrated by a number of ions and molecules but this process is limited by the distance between the crystals. According to studies of a large number of authors hydroxyapatite crystals are surrounded by a hydrated layer of about 1 nm; the distance between the crystals is 2.5 nm. Typically, the rays of different ions vary between 0.15-0.18 nm, which allows penetration of a large number of cations and anions in enamel [16-20]. The hydroxyapatite crystals do not remain stable, and their structure and properties vary depending on the composition of the hydrated layer, which in turn is determined by the composition of the crystal environment [21]. The rate of penetration of the ions in the crystal is determined by the concentration of ions in the environment and the duration of interaction with the enamel surface [23-28]. Numerous studies have proven the effectiveness of topical application of fluorides in the increase of enamel resistance to caries attack.

According to the theory developed by Knappwost (1993), enamel mineralization occurs when saliva is supersaturated with ions forming the apatite:  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{PO}_4^{3-}$ ;  $\text{OH}^-$ ;  $\text{F}^-$ . According to the results of author's research, the concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  ions in saliva is usually relatively constant and stays at a level sufficient to ensure the remineralization process. The concentration of  $\text{OH}^-$  ions can be reduced 1000 times, e.g. to pH=4 in the interdental area. Remineralization-demineralization processes are regulated by  $\text{OH}^-$  ions. The insufficiency of these ions can be compensated by intake of fluoride ions, which are structurally analogous [29, 30].

In order to increase the efficiency of dental caries prevention A. Knappwost developed a preparation for deep fluoridation of enamel called enamel sealants produced by „Humanchemie”



Rusia produce preparatul analog *Gluftored*, având compoziția chimică și mecanismul de acțiune similare lichidului smalț-ermetizant, produs de firma „Humanchemie”. Ambele preparate includ câte 2 componente: 1 fl soluție smalț-ermetizantă (Nr.1) și 1 fl suspensie (Nr.2). Soluția Nr.1 reprezintă un silicat de fluorură de magneziu slab acidulat care conține ioni de cupru, iar suspensia Nr.2 conține hidroxid de calciu înalt dispersat. Grație dimensiunilor foarte reduse ale moleculelor care intră în componența lichidului smalț-ermetizant, acestea penetrează rapid microfisurile și defectele de smalț. În urma aplicării succesive a lichidului smalț-ermetizant nr. 1 și nr. 2 reacția chimică dintre aceste două componente se produce nu doar la suprafața smalțului, dar și în straturile lui profunde. Ca rezultat al acestei reacții se formează un compus fluoro-silicat, care se descompune spontan pentru a forma cristale de fluorură de calciu ( $\text{CaF}_2$ ), fluorură de magneziu ( $\text{MgF}_2$ ), hidroxifluorură de cupru ( $\text{Cu}(\text{OH})\text{F}$ ) și acid silicic.



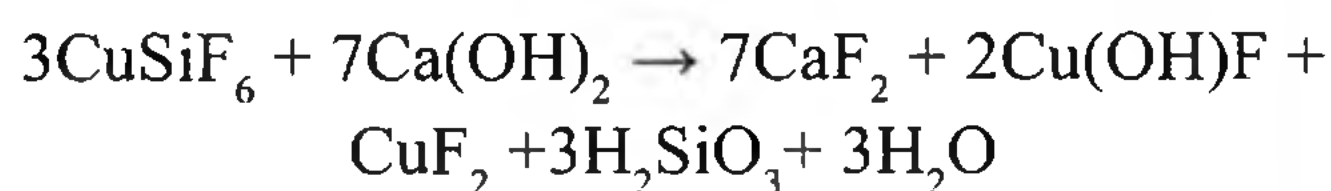
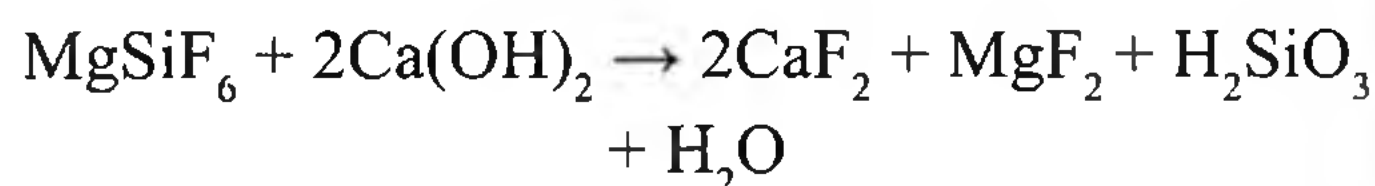
Acidul silicic format este un compus extrem de instabil și imediat se condensează, transformându-se într-un gel:



În cele din urmă se formează o substanță alcalină gelificată cu incluziuni de microcristale de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$ .

Prin metoda de radiointerferență a fost determinată dimensiunea microcristalelor, care constituie circa 5 nm, fiind redusă considerabil comparativ cu

(Germany). Since 2002 the „Vladmiva” company (Russia) produces the analogous *Gluftored* preparation, with the chemical composition and action mechanism similar to enamel-sealants produced by „Humanchemie”. Both preparations include 2 components: 1 fl enamel sealant (No.1) and suspension (No.2). Solution No.1 is a lightly acidulated magnesium fluosilicate containing copper ions, and suspension No. 2 contains highly dispersed calcium hydroxide. Thanks to the very small size of the molecules that are part of enamel-sealants, they quickly penetrate the adamantine microcracks and defects. As a result of successive application of enamel-sealant no. 1 and no. 2 there is a reaction between the two components not only on the enamel surface but also in its deep layers. As a result of this reaction a fluoro-silicate compound is formed, which decomposes spontaneously to form crystals of calcium fluoride ( $\text{CaF}_2$ ), magnesium fluoride ( $\text{MgF}_2$ ), copper hydrofluoride ( $\text{Cu}(\text{OH})\text{F}$ ) and silicic acid.



The silicic acid formed is a highly unstable compound and immediately condenses, turning into a gel:



Finally, a gelled alkaline substance forms with inclusions of microcrystals of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$ .

The method of radio interference determined the size of microcrystals, which is approximately 5 nm, and is significantly reduced compared to the crystals of  $\text{CaF}_2$ , which form as a result

cristalele de  $\text{CaF}_2$ , care se formează ca urmare a reacției fluorurile simple cu hidroxiapatita. Dimensiunea redusă a microcristalelor de  $\text{CaF}_2$  este criteriul esențial care definește proprietățile superioare de remineralizare a nanofluorurilor. Este cunoscut faptul că solubilitatea cristalelor este direct proporțională cu dimensiunea lor. Solubilitatea nanocristalelor formate în urma fluorizării profunde a smalțului, în special fluorură de magneziu, depășește aproximativ de 10 ori solubilitatea globulelor de  $\text{CaF}_2$  convenționale. Datorită acestui fapt concentrația ionilor de fluor la suprafața smalțului se majorează de 10 ori, constituind în medie 100 mg /l. În consecință, remineralizarea smalțului este de 100 de ori mai accelerată. Astfel, nanofluorurile persistă în interiorul microfisurelor și porilor smalțului timp de 0,5 - 2 ani, eliberând treptat ioni de fluor. Cercetările efectuate în condiții *in vitro* au elucidat că concentrația fluorului la suprafața smalțului după fluorizarea profundă s-a majorat de 2,5-3 ori [29-31].

Așadar, efectul cariopreventiv al preparatelor de fluorizare profundă se datorează concentrației sporite de fluor la interfața salivă/smalt. În plus, în decursul ultimilor decenii s-a dovedit că acest fapt nu este singurul mecanism de acțiune carioprotectoare a preparatelor elaborate de A. Knappwost. Astfel, studiile efectuate de autor au demonstrat în mod convingător că ionii bivalenți de cupru sunt implicați în atașarea cristalelor de hidroxiapatită la fibrele de keratină și collagen. Prezența ionilor de cupru asigură nu doar majorarea efectului de remineralizare a smalțului dar, de asemenea, contribuie la distrugerea microorganismelor din biofilm și previne colonizarea la suprafața dintelui a microorganismelor cariogene.

Mecanismul de acțiune carioprotectoare a iradierii laser în diapazonul de lungimi de undă infraroșii se explică prin prisma teoriei cuantice a legăturilor chimice, fiind datorat acțiunii fotonilor

of the reaction of hydroxyapatite with simple fluorides. This is the essential criterion that defines the superior properties of nanofluorides remineralization. It is well known that the solubility of the crystals is directly proportional to their size. The solubility of the nanocrystals formed as a result of the profound enamel fluoridation, and in particular the magnesium fluoride, exceeds about 10 times the solubility of  $\text{CaF}_2$  conventional globules. Due to this, the concentration of fluorine ions on the enamel surface increases 10 times, reaching on average 100 mg /l. Consequently, enamel remineralization is 100 times faster. Thus, nanofluorides remain in enamel micro-cracks and pores for 0.5 - 2 years, gradually releasing fluorine ions. The research performed *in vitro* revealed that the concentration of fluorine on enamel surface after profound fluoridation increased 2.5-3 times [29-31].

So, the caries preventive effect of profound fluoridation agents is due to high fluorine concentration at the saliva /enamel interface. In addition, the past decades have shown that this is not the only mechanism with caries protective action of the preparation developed by A. Knappwost. Thus, the studies convincingly demonstrated that the bivalent copper ions are involved in the attachment of hydroxyapatite crystals to the keratin and collagen fibers. The presence of copper ions ensures not only the growth of enamel remineralization effect but also contributes to the destruction of micro-organisms in the biofilm and prevents the colonization of tooth surface with cariogenic microorganisms.

The caries protective action of laser irradiation in the range of infrared wavelengths is explained by the quantum theory of chemical bonds through the action of photons on the crystal lattice of the enamel. Thus the photon stream generated by laser irradiation activates the protein matrix of dental

asupra rețelei cristaline a smalțului. Astfel, fluxul de fotoni, generați de sursa de iradiere laser activează matricea proteică a țesuturilor dure dentare și contribuie la accelerarea proceselor de schimb ionic și de difuzie în smalț. Cercetările efectuate de Mintz și Berg (1995) au elucidat că iradierea cu raze infraroșii exercită o acțiune de activare a structurilor moleculare proteice, conduce la modificarea conformației proteinelor matricei smalțului, fapt care intensifică procesele metabolice și de difuzie, inclusiv contribuie la o mai bună penetrare a ionilor de fluor în smalțul dentar [32]. Așadar, în urma iradierii LIR (iradiere laser cu infraroșii) se normalizează homeostaza și se majorează rezistența smalțului la acțiunea factorilor acidogeni.

La iradierea smalțului cu laser în regim de impulsuri cu intensitate joasă în diapazonul de lungimi de undă infraroșii au loc un șir de modificări complexe ale structurii rețelei cristaline, datorită cărora se produce remineralizarea smalțului, condensarea rețelei cristaline și reducerea permeabilității acestuia. Ca rezultat, are loc creșterea microdurității smalțului și scăderea solubilității lui, asigurându-se astfel gradul înalt de cariorezistență [33].

Ațiunea iradierii LIR asupra pulpei dintelui se manifestă prin stimularea funcției secretorii a odontoblaștilor și a microcirculației, fapt care în ultimă instanță induce creșterea proceselor metabolice în țesuturile dentare.

Efectul exercitat de iradierea LIR asupra microflorei cavității orale se manifestă prin reducerea patogenității tulpinilor cariogene, inclusiv a *Streptococcus mutans*. În consecință, se reduce potențialul cariogen al biofilmului dentar. În același timp, se activează mecanismele imune umorale specifice de protecție și are loc stimularea mecanismelor nespecifice de apărare.

Iradierea LIR contribuie la normalizarea secreției salivare (indiferent de starea inițială de

hard tissues and contributes to the acceleration of ion exchange and of diffusion in enamel. The research conducted by Mintz and Berg (1995) revealed that irradiation of infrared rays has an activating effect on proteic molecular structures, leads to a conformational change in enamel matrix proteins, which enhances the metabolism and diffusion, and contributes to a better penetration of fluorine ions in the enamel [32]. So, as a result of LIR irradiation we get normal homeostasis and the increase of enamel resistance to the action of cariogenic factors.

Upon the interaction of the laser irradiation in low intensity pulsed mode in the range of infrared wavelengths in the tooth enamel a number of complex changes takes place in the structure of the crystal lattice as a result of which there occurs enamel remineralization, condensation of the crystal lattice, and reduction of its permeability. As a result, enamel micro-hardness grows and its solubility decreases, thereby providing high caries-resistance [33].

The action of LIR irradiation on tooth pulp is manifested predominantly by the stimulation of the secretory function of odontoblasts and microcirculation, which ultimately induces the enhancement of metabolic processes in dental tissues.

The effect of LIR irradiation on oral cavity microflora manifests itself by reduced pathogenicity of cariogenic strains including *Streptococcus mutans*. Consequently, the cariogenic potential of dental biofilm drops. At the same time, specific humoral immune protection mechanisms activate, and stimulation of nonspecific defense mechanisms takes place.

LIR irradiation helps normalize saliva secretion (regardless of initial hyper or hypo-salivation), including normalization of pH, of organic and mineral fraction ratio, the micellar structure and



hiper- sau hiposalivație), inclusiv normalizarea pH-ului, a raportului dintre substanțele organice și cele minerale, a structurii micelare și normalizarea raportului concentrației Ca și P, asigurând astfel remineralizarea smalțului. În plus, sub influența iradierii LIR, are loc reglarea sau majorarea proprietăților imune ale salivei și a lichidului oral [33-35].

Metoda combinată, fizico-chimică, propusă de noi constă în iradierea cu LIR și aplicarea simultană a preparatelor pentru fluorizarea profundă a smalțului, aplicarea căreia potențiază efectul cariopreventiv al ambelor manopere, crează condiții optime pentru penetrarea ionilor de fluor nu doar la suprafața, dar și în profunzimea smalțului și incorporarea lor în rețeaua cristalină a smalțului dentar. Cristalele de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$ , depozitate la suprafața smalțului timp îndelungat, eliberează ioni de fluor în concentrație înaltă, fapt care contribuie la majorarea rezistenței țesuturilor dure dentare la acțiunea factorilor patogeni. Ca urmare a aplicării acestei metode se asigură remineralizarea îndelungată a zonelor de smalț demineralizat, fiind penetrate chiar și zonele greu accesibile, susceptibile la carie și se induce formarea apatitei îmbogățite cu fluor, care conduce la restabilirea deplină a zonei demineralizate. Fluorizarea profundă asigură protecția fibrelor de keratină de proteoliză, care se manifestă prin reducerea considerabilă a solubilității și permeabilității smalțului, majorarea microdurateții acestuia, în plus, contribuie la reducerea numărului de microorganisme acidogene și a vitezei de acumulare a plăcii bacteriene. Iradierea LIR majorarează efectul de mineralizare a nanofluorurilor, asigurând astfel un efect carioprotector sporit. Metoda elaborată facilitează penetrarea ionilor de fluor nu doar la suprafața, dar și în profunzimea smalțului dentar, fapt care asigură majorarea eficienței prevenirii cariei dentare. Astfel, acțiunea combinată a iradierii laser

normalization of Ca and P concentration ratio, thus ensuring active remineralization of enamel. In addition, under the influence of LIR irradiation, adjustment or increase of immune properties of saliva and oral liquid take place [33-35].

The combined physicochemical method we propose consists of LIR irradiation and simultaneous application of medications for profound fluoridation of enamel, the use of which triggers the caries preventive effect of both manipulations, creates optimal conditions for penetration of fluorine ions not only at the surface, but also into the enamel depth and their incorporation in the crystal lattice of enamel. Crystals of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$  deposited on enamel surface for a long time release fluorine ions in high concentration, which help increase the resistance of dental hard tissues to the action of pathogenic factors. In the result of applying this method long remineralization of enamel demineralized areas takes place, where even remote areas susceptible to caries are penetrated, and fluorine-enriched apatite is induced leading to full restoration of carious area. The profound fluoridation protects keratin fibers from proteolysis, which manifests itself by significant reduction of enamel solubility and permeability, the increase in enamel micro-hardness; moreover, it causes the reduction of acidogenic microorganisms and of speed of bacterial plaque accumulation, and LIR irradiation contributes to the increase and prolongation of mineralization effect of nanofluorides, thus ensuring a considerable caries protection effect. The application of *Gluftored* preparation for profound fluoridation of enamel surface and simultaneous LIR irradiation is simple and quick to perform, does not cause discomfort to patients, which allows the use of this method for patients with psychosomatic disabilities. High efficiency of the method proposed and the achievement of the long-lasting caries

IR și aplicarea nanofluorurilor creează condiții optime pentru penetrarea ionilor de fluor în smalț, fapt care sporește efectul carioprotector. Aplicarea preparatelor pentru fluorizarea profundă *Gluftored* pe suprafața smalțului și iradierea simultană cu LIR este simplă și rapidă în realizare, nu provoacă disconfort pacienților, fapt care permite utilizarea acestei metode la pacienții cu dizabilități psiho-somatice. Eficacitatea înaltă a metodei propuse și obținerea efectului carioprotector într-o perioadă scurtă de timp, dar cu efect îndelungat, permite reducerea numărului de ședințe preventive, economisirea timpului practicianului și a surselor financiare.

Așadar, pentru majorarea eficienței măsurilor cariopreventive ar fi necesară aplicarea substanțelor care, eventual, ar fi capabile să patrundă profund în țesuturile dure dentare prin formațiunile structurale ale smalțului, exercitând astfel efectele lor terapeutice. Însă, din cauza faptului că proprietățile fizico-chimice ale preparatelor existente permit interacționarea doar cu stratul superficial al smalțului, iradierea cu laser și aplicarea simultană a nanofluorurilor ar putea fi o soluție optimă pentru accelerarea proceselor metabolice din țesuturile dure ale dintelui, fapt deosebit de important pentru persoanele cu risc cariogen sporit.

## Concluzii

În urma aplicării metodei fizico-chimice și de fluorizare profundă a smalțului s-a depistat depozitarea micro-globulelor de  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  și  $\text{CuF}_2$  la suprafața și în straturile profunde ale smalțului, reducerea considerabilă a concentrației carbonului, normalizarea relației Ca/P și majorarea semnificativă a conținutului fluorului.

Metoda fizico-chimică de prevenire a contribuit la majorarea concentrației F în straturile superficiale ale smalțului de 1,63 ori și de 2,08 ori în profunzimea

protective effect in a short time, helps reduce the number of preventive sessions, saving time and financial resources of the practitioner. That method facilitates the penetration of fluorine ions on the surface, but also into the depth of dental enamel, which ensures higher effectiveness of dental caries prevention. Thus, the combined action of IR laser irradiation and application of nanofluorides creates optimal conditions for penetration of fluorine ions in enamel, which enhances the caries protective effect. Therefore, LIR irradiation contributes to the growth and prolongation of mineralization effect of nanofluorides.

Therefore, to increase the effectiveness of caries preventive measures it would be necessary to use substances which may be able to penetrate deeply into the dental hard tissues through enamel structural formations, thereby exerting their therapeutic effects. However, because the physicochemical properties of the agents currently available enable only the interaction with the surface layer of enamel, the laser irradiation and simultaneous application of nanofluorides could be an optimal solution to accelerate the metabolic processes in the hard tissues of the tooth, which is particularly important for people with high caries risk.

## Conclusions

As a result of using the physicochemical method and profound enamel fluoridation we discovered the depositing of  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{CuF}_2$  micro-globules on the surface and deeper layers of enamel, a considerable reduction in carbon concentration, normalization of Ca/P ratio, and significant increase in fluoride content.

The physicochemical prevention method helped increase 1.63 times the F concentration in the surface layers of enamel and respectively

acestui, asigurând astfel un efect cariopreventiv sporit comparativ cu metoda de fluorizare profundă a smalțului.

Iradieră smalțului dentar cu laser în regim de impulsuri cu intensitate joasă în diapazonul de lungimi de undă infraroșii și aplicarea simultană a nanofluorurilor asigură un efect carioprotector maxim la copiii cu dizabilități severe.

### Bibliografie

1. [http://www.statistica.md/public/files/publicatii\\_electronice/Copiii\\_Moldovei/Copiii\\_Moldovei\\_ed\\_2013.pdf](http://www.statistica.md/public/files/publicatii_electronice/Copiii_Moldovei/Copiii_Moldovei_ed_2013.pdf)
2. James AW, Brian JS, James EJ. Dental Problems of Children With Disabilities. *Dentistry for the Child and Adolescent*. 2000. p. 566-99.
3. Frias AC, Antunes JLF., Narvai PC. Precisão e validade de levantamentos epidemiológicos em saúde bucal: cárie dentária na cidade de São Paulo, 2002. *Rev Bras Epidemiol* 2004; 7: 144-54.
4. Persson RE, Stiefel DJ, Griffith MV, Truelove EL, Martin MD. Characteristics of dental emergency clinic patients with and without disabilities. *Spec Care Dentist* 2000; 20: 114-20.
5. Rodrigues dos Santos MT, Masiero D, Simionato MR. Risk factors for dental caries in children with cerebral palsy. *Spec Care Dentist* 2002; 22: 103-7.
6. Rodrigues dos Santos MT, Masiero D, Novo NF, Simionato MR. Oral conditions in children with cerebral palsy. *J. Dent Child (Chic)* 2003; 70: 40-6.
7. Santos MT, Guaré R, Leite M, Ferreira MC, Nicolau J. Does the neuromotor abnormality type affect the salivary parameters in individuals with cerebral palsy? *J Oral Pathol Med* 2010; 39-10: 770-4.
8. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P et al. Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47: 571-6.
9. Weddell JA, Vash BW, Jones EJ, Lynch TR. Dental problems of children with disabilities. McDonald RE, Avery DR, Dean JA. *Dentistry for the Child and Adolescent*, 8th edn. St. Louis, MO: Mosby; 2000. p. 628-34.
10. Seymen F, Aytepe Z, Kiziltaş B. Oral health status in children with Down syndrome. *J Disabil Oral Health*. 2002; 3: 62-7.
11. Giardino AP, Arye LI. Providing health care in the 21st century. Children with disabilities. Fourth edition (ed. Batshaw ML), Paul Brookes publishing company, USA. 2000. p. 773-88.
12. Hennequin M, Faulks D, Roux O. Accuracy of estimation of dental treatment need in special care patients. *J Dent* 2000; 28:131-6.
13. Dougherty NJ. A review of cerebral palsy for the oral health professional. *Dent Clin North Am* 2009; 53-2: 329-38.
14. Spinci A. Particularitățile structurale ale smalțului dentar la copiii cu dizabilități neuromotorii severe. *Medicina Stomatologică* 2014; 1-30: 35-45.
15. Spinei A. Metodă de profilaxie a cariei dentare la copii cu dizabilități intelectuale. Brevet de invenție MD nr.582.
16. Fleet ME, Liu X. Local structure of channel ions in carbonate apatite. *Biomaterials* 2005; 26: 7548-54.
17. Peroos S, Du Z, de Leeuw NH. A computer modelling study of the uptake, structure and distribution of carbonate defects in hydroxy-apatite. *Biomaterials* 2006; 27:2150-61.
18. Bader J, Shugars B. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *J. Dent. Ed.* 2001; 65: 960-8.
19. Bansal K, Gauba K, Tewari A, Chawla H, Sahni A. In vivo remineralization of artificial enamel carious lesions using a mineral-enriched mouthrinse and a fluoride dentifrice: a polarized light microscopic comparative evaluation. *J. Indian Soc. Pedod. Prev. Dent.* 2010; 28: 264-70.
20. Hicks J. Biological factor in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2003; 28: 47-52.
21. Kunin A. și alții. Scanning electron microscopy and microchemical analysis of enamel and dentin in norm and caries under low-intensity laser irradiation influence. Europe biomedical optics week, BIOS Europe, 4-9 Iulie. Amsterdam: Abstract Book 2000; 23: 4159.
22. Bader J, Shugars B. Systematic reviews of selected dental caries diagnostic and management methods. *J. Dent.* 2001; 65: 960-8.
23. Brown W. Physicochemical mechanisms in dental caries. *J. Dent. Res.* 1974; 53: 204-55.



24. Goldberg M. și alții. Dental mineralization. Int. J. Dev. Biol. 1995; 39: 93-110.
25. Bansal K, Gauba K, Tewari A, Chawla H, Sahni A. In vivo remineralization of artificial enamel carious lesions using a mineral-enriched mouthrinse and a fluoride dentifrice: a polarized light microscopic comparative evaluation. J. Indian Soc. Pedod. Prev. Dent. 2010; 28: 26470.
26. Meckel A, Griebstein W, Neal B. Structure of mature human dental enamel as observed by electron microscopy. Arch. Oral Biol. 1965; 10: 775-83.
27. O'Shea D, Bartlett M, Young R. Compositional analysis of apatites with laser-Raman spectroscopy: (oh,f,cl) apatites. Arch. Oral Biol. 1974; 19: 995-1006.
28. Jenkins G. The physiology and biochemistry of mouth. 4-th Ed. Oxford; 1978, 599 p.
29. Knappwost A. Eine dringende Aufgabe für die zahnärztliche Praxis Tiefenfluoridierung durch mineralische Schmelzversiegelung. Dtschr Zahnärztl. Ztschr. 1993; 8: 20-3.
30. Knappwost C, Lehmann R, Trondle H. Nichtinvasive Mineralische Fissurenversiegelung durch Cu-dotierte Tiefenfluoridierung. ZMK. 1999; 1: 6-9.
31. Pancu G. și alții. Utilizarea terapiei de remineralizare profundă în hipersensibilitatea dentară. Medicina Stomatologică 2008; 4: 19-23.
32. Mintz RI, Berg DB. Structure controlling in molecular heterophase system. Biomedical Application of Lasers. ed V.A. Serebryakov. SPIE Proceedings, Vol. 2769; 1995, p. 71-4.
33. Zuerlein MJ, Fried D, Featherstone JDB. and Seka W. Optical properties of dental enamel in the mid-IR determined by pulsed photothermal radiometry. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 1999; 5: 1083-89.
34. Fried D, Zuerlein M, Featherstone JDB, Seka W, Duhn C, McCormack SM. IR laser ablation of dental enamel: mechanistic dependence on the primary absorber. Applied Surface Science. Vol. 127-129. May 1998, p. 852-56.
35. Fried D, Ashouri N, Breunig T, Shori R. Mechanism of water augmentation during IR laser ablation of dental enamel. Lasers Surg Med. 2002; 31-3: 186-93.

*Așteptăm opiniile dumneavoastră în legătură cu acest articol la adresa [opinii@unas.ro](mailto:opinii@unas.ro)*